

Pengaruh Kadar Bioetanol 50% sampai dengan 95% pada Unjuk Kerja Kompor Etanol

Ririn, Djoko Sungkono

Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: hdkawano@me.its.ac.id

Abstract- Persediaan bahan bakar fosil semakin hari semakin menipis, hal ini tidak sebanding dengan penggunaan yang semakin meningkat, terutama di sektor industri dan rumah tangga. Oleh karena itu sangat diperlukan energi alternatif untuk mengatasi masalah tersebut, salah satunya adalah dengan penggunaan bioetanol pada kompor dalam bidang rumah tangga. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan mengetahui tentang performa kompor bioetanol berbahan bakar bioetanol kadar rendah. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen untuk mendapatkan unjuk kerja kompor berbahan bakar bioetanol dengan variasi kadar bioetanol yaitu 50% sampai dengan 95% dengan interval 5%, yang didapatkan dari hasil pencampuran 99% bioetanol dan air suling. Kompor uji yang digunakan berdinding api ganda, lubang udara sebaris untuk diameter dinding api 3 inch dan lubang udara susun untuk diameter dinding api 1,5 inch. Pengujian kompor berdasarkan uji kompor kerosene yaitu metode air mendidih (Water Boiling Test version 3.0 revised January 2007) sesuai Provisional International Standards for Testing Woodstove (VITA 1982 & revised May 1985). Dari penelitian ini kadar bioetanol yang baik digunakan adalah kadar 95% sampai dengan 75%, sedangkan untuk 70% sampai 60% dihasilkan nyala api yang tidak stabil. Kadar 55% sampai dengan 50% tidak dihasilkan nyala api.

Kata Kunci—Bioetanol, Dinding Api, Kompor

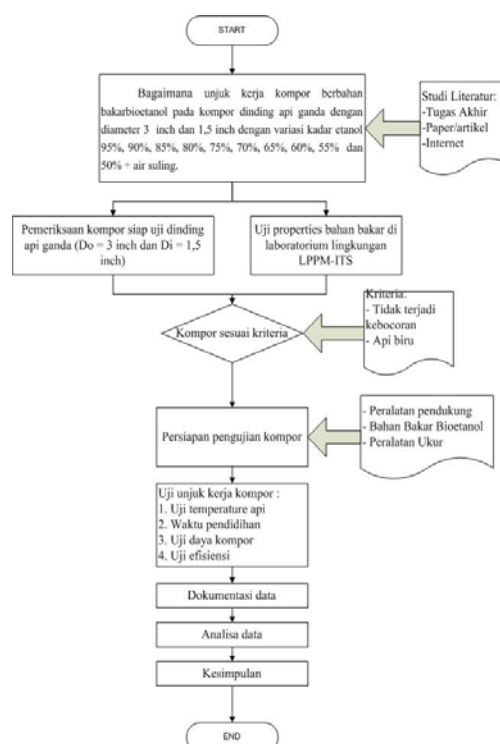
I. PENDAHULUAN

Penggunaan kompor dalam bidang rumah tangga tidak bisa dipungkiri lagi menjadi peranan yang sangat penting dalam kegiatan memasak sehari-hari. Diperlukan kompor yang memakai bahan bakar yang bisa diperbaharui antara lain bioetanol. Keuntungan dari bioetanol selain murah, ramah lingkungan, hemat penggunaannya, dapat dibuat sendiri, dan lebih efisien terutama jika dibandingkan dengan minyak tanah [1]. Penyelesaian penelitian ditunjukkan pada diagram flowchart dibawah ini.

II. METODE PENELITIAN

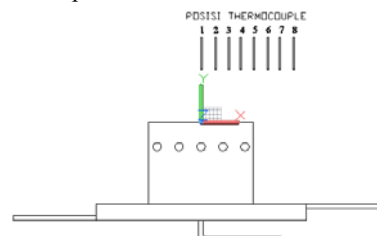
1. Diagram Alir Penelitian

Penelitian dilaksanakan berdasarkan pada diagram alir sebagai berikut:



2. Pengujian Temperatur Api

Pengambilan data temperature api ditunjukkan pada gambar 1. Temperatur api diukur menggunakan *thermocouple* tipe K sebanyak 8 buah dengan jarak antar *center thermocouple* 5 mm disusun radial.



Gambar 1. Pengambilan data temperatur api

3. Pengujian Daya

Pengujian daya dilakukan dengan menyalakan api kompor selama 1 jam, kemudian diukur bahan bakar yang terpakai [2]. Secara perumusan perhitungan daya adalah sebagai berikut :

$$P = \frac{m_f \times E}{t} \quad [k] \quad \dots\dots\dots(1)$$

Dimana : P = daya (kW), mf = massa bahan bakar yang terpakai (kg), t = waktu (1 jam)

4. Pengujian Efisiensi

Pengujian efisiensi dilakukan dengan mendidihkan air selama 1 jam, secara perumusan sebagai berikut [2]:

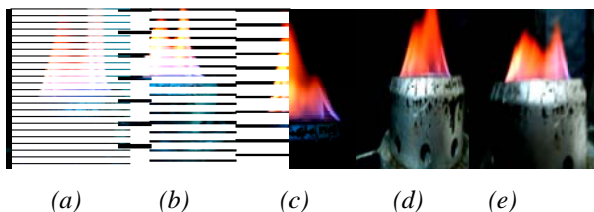
$$\eta = \frac{(m_w \cdot cp)(T_2 - T_1) + m_s \cdot h_w}{mf \cdot E} \quad \dots\dots\dots(2)$$

Dimana : m_w = massa air yang dipanaskan (kg)
 cp = panas jenis air = 4,186 kJ/kg^oK
 T_1 = temperatur awal air (°C)
 T_2 = temperatur didih air (°C)
 m_s = massa air yang menguap (kg)
 mf = massa bahan bakar yang terpakai (kg)
 h_w = panas laten penguapan air = 2257 kJ/kg
 E = nilai kalor bawah bahan bakar (kJ/kg)

III.HASIL DAN DISKUSI

1. Pengukuran Temperatur Api

Pengukuran ini dimaksudkan untuk mengetahui temperatur tertinggi yang dihasilkan oleh api stabil. Terjadinya api stabil dapat diindikasikan melalui temperatur api biru tertinggi yang mampu dihasilkan oleh kompor. Selain itu data temperatur ini dapat berguna sebagai acuan meletakkan beban dari kompor.



Gambar 2. Profil api kompor uji

- Kompor dinding ganda dengan kadar bioetanol 95%
- Kompor dinding ganda dengan kadar bioetanol 90%
- Kompor dinding ganda dengan kadar bioetanol 85%
- Kompor dinding ganda dengan kadar bioetanol 80%
- kompor dinding ganda dengan kadar bioetanol 75%

Dari gambar 2, dapat diamati nyala api pada kompor uji berdinding ganda ini, profil api biru mampu dihasilkan oleh kompor uji dengan presentase kadar bioetanol 95% sampai dengan 85%, sedangkan pada presentase kadar bioetanol 80% sampai dengan 75% juga menghasilkan profil api biru namun dapat dilihat pada gambar diatas profil api lebih dominan berwarna merah. Warna merah ini merupakan radiasi dari jelaga. Hal ini disebabkan semakin rendah kadar bioetanol maka semakin besar campuran aquades yang digunakan sehingga menghambat pembentukan api biru yang dihasilkan oleh kompor. Dari pengujian didapatkan nyala api dengan kadar bioetanol yang lebih banyak dihasilkan nyala api yang lebih bagus dan lebih dominan biru, ketinggian api yang dihasilkan juga lebih tinggi.

Pada pengujian kompor 70% sampai dengan 60% dihasilkan nyala api yang tidak stabil dan berwarna merah hal ini ditandai juga dengan pembentukan api yang tidak bisa melingkar penuh dan mudah mati, sedangkan pengujian dengan kadar 55% sampai dengan 50% nyala api tidak bisa dihasilkan.

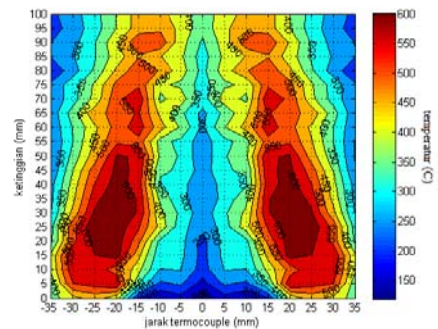


Gambar 3. profil api dari kompor uji

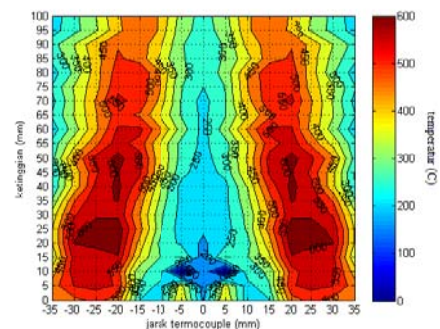
- Kompor dinding ganda dengan kadar bioetanol 70%
- Kompor dinding ganda dengan kadar bioetanol 65%
- Kompor dinding ganda dengan kadar bioetanol 60%

2. Distribusi Temperatur

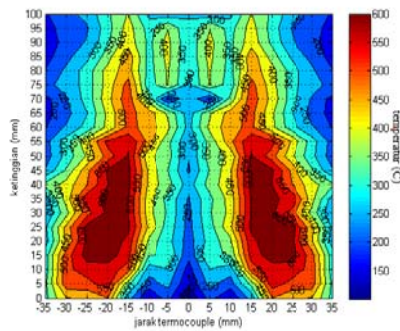
Dengan menggunakan tools MATLAB® R2010b, temperatur diolah menjadi grafik kontur isothermal api yang ditunjukkan pada gambar 4 sampai gambar 8 :



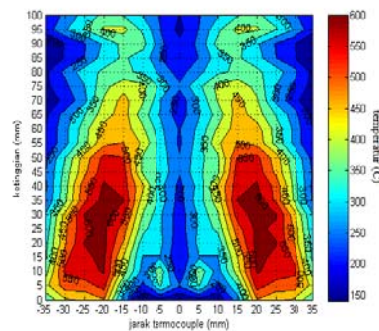
Gambar 4. isothermal temperature kompor dinding api ganda dengan presentase 95% bioetanol



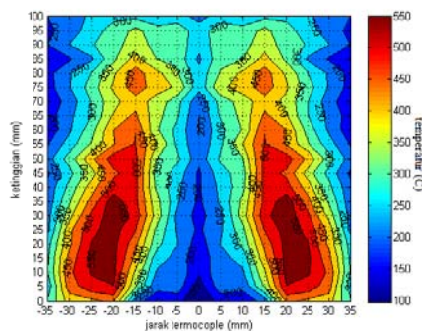
Gambar 5. Isothermal temperature kompor dinding api ganda dengan presentase 90% bioetanol.



Gambar 6 Isothermal temperature kompor dinding api ganda dengan presentase 85% bioetanol



Gambar 7 Isothermal temperature kompor dinding api ganda dengan presentase bioetanol 80%



Gambar 8. Isothermal temperature kompor dinding ganda dengan presentase bioetanol 75%

3. Analisa Temperatur Rata-rata tertinggi

Temperatur rata-rata di setiap titik pada suatu ketinggian, dapat ketahui dengan cara teori pengujian distribusi temperature dengan perhitungan di bawah ini :

$$A_{tot} = \sum_{i=1}^n [\pi(ro_i^2 - ri_i^2)] \dots \dots \dots (3)$$

$$T_{rata-rata} = \frac{(A \times T)_{tot}}{A_{tot}} \dots \dots \dots (4)$$

Sehingga didapatkan temperatur rata-rata maksimum dan tempat peletakan beban, sehingga bisa digunakan dalam pengujian efisiensi, data dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Temperatur dan luasan rata-rata kompor

Presentase bioetanol	Temperatur rata-rata (°C)	Tinggi peletakan beban (mm)
95%	499,50	25
90%	517,02	25
85%	492,06	25
80%	483,73	15
75%	447,50	10

4. Analisa Daya Kompor Uji

Pengujian daya pada kompor uji dilakukan dengan menggunakan bahan bakar *bioethanol* yang bervariasi yaitu dengan menggunakan bioetanol dengan presentase 95% sampai dengan 75% yang dihasilkan dari pencampuran bioetanol 99% dengan aquades [2]. Besarnya daya kompor uji yang ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

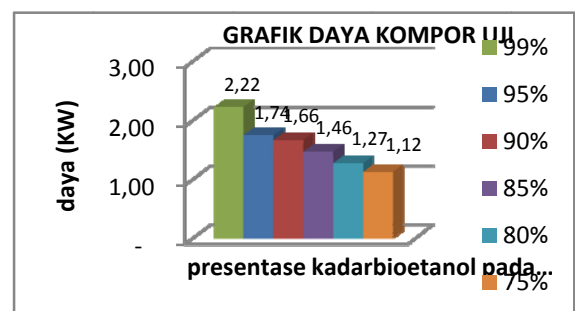
Tabel 2. Konsumsi bahan bakar dan daya kompor uji.

Presentase bioetanol	Konsumsi Bahan Bakar (kg)	Daya (Kw)
99% *	0,347	2,220
95%	0,287	1,743
90%	0,273	1,659
85%	0,269	1,460
80%	0,248	1,271
75%	0,234	1,122

* Dari

data pengujian Tugas Akhir Agib Faruq Affany, 2012

Apabila hasil rata-rata total perhitungan daya antara kompor uji dinding api ganda dengan presentase 95% sampai dengan 75% dan dibandingkan dengan hasil uji daya dari penelitian sebelumnya, yaitu dengan menggunakan bioetanol 99% ditampilkan dalam suatu bentuk grafik, maka akan terlihat seperti grafik berikut ini :



Gambar 9 Grafik perbandingan daya kompor

Terlihat bahwa kompor uji dinding api ganda dengan kadar bioetanol yang lebih banyak memiliki daya lebih besar. Hal ini dikarenakan bahan bakar bioetanol lebih mudah menguap dan terbakar dibandingkan dengan aquades, semakin banyak presentase bioetanol temperatur api yang dihasilkan lebih besar.

Sedangkan pada penggunaan bioetanol dengan kadar yang lebih rendah daya yang dihasilkan juga semakin

kecil karena presentase bioetanol yang sedikit menyebabkan uap yang dihasilkan lebih sedikit sedangkan presentase aquades yang lebih banyak menghambat pembentukan uap bioetanol, sehingga daya dan temperatur yang dihasilkan lebih rendah.

5. Analisa Efisiensi Kompor Uji

Dari nilai daya kompor, maka akan dapat diketahui ukuran panci/bejana yang digunakan dalam pengujian efisiensi [2]. Umumnya semakain besar daya yang dihasilkan pada suatu kompor, maka diameter panci/bejana yang digunakan juga semakin besar. Berikut tabel yang digunakan untuk menentukan diameter panci berdasarkan daya yang dihasilkan kompor.

Tabel 3. Diameter bejana/panci untuk tigtat daya tertentu [3]

Pada pengujian daya, kompor uji dengan masing-masing

Tingkat Daya Maksimum	Diameter Panci (cm)	Volume Air [\pm 2/3 volume panci] (liter)
0,981 – 1,325	20	2,2
1,325 – 1,741	22	2,7
1,741 – 2,235	24	3,5

kadar bioetanol memiliki kelas yang berbeda-beda sehingga panci yang digunakan diameternya juga berbeda. Untuk kadar 95% menghasilkan daya 1,743 Kw yang terletak pada range 1,741 Kw – 2,235 Kw sehingga menggunakan panci dengan diameter 24 cm dan volume yang digunakan 3,5 L. Pada kompor uji dengan presentase kadar bioetanol 90% dan 85% menghasilkan daya 1,659 Kw dan 1,460 Kw yang terletak pada range 1,325 Kw – 1,741 Kw sehingga menggunakan panci dengan diameter 22cm dan volume air yang digunakan adalah 2,7 L, sedangkan pada kompor dengan presentase bioetanol 80% dan 75% menghasilkan daya 1,271 Kw dan 1,112 Kw yang terletak pada range 0,981 Kw -1,325 Kw sehingga pada pengujian menggunakan panci berdiameter 20cm dan volume air yang digunakan sebesar 2,2 L.

Ukuran diameter panci dan volume air yang telah diketahui diatas digunakan sebagai acuan dalam setiap pengujian dengan metode air mendidih untuk mendapatkan nilai efisiensi dari masing-masing kompor.

Perbandingan nilai rata-rata efisiensi antara kompor uji dinding api ganda dengan kadar bioetanol yang berbeda-beda yaitu 99% (didapatkan dari data penelitian sebelumnya) dengan kadar yang lebih rendah yaitu 95%, 90%, 85%, 80%, 75% memiliki perbedaan yang tidak begitu jauh. Perbedaan efisiensi kedua kompor dapat dilihat pada grafik berikut :



Gambar 10 Grafik perbandingan efisiensi kompor

Pada grafik perbandingan efisiensi di atas, kompor uji dinding api ganda dengan menggunakan kadar bioetanol 99% memiliki efisiensi yang lebih besar yaitu 51,916 % [4], hal ini dapat diakibatkan besarnya temperatur api yang

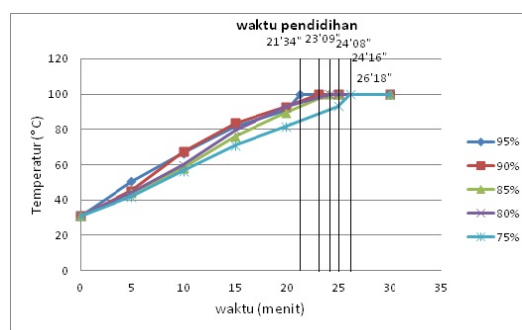
dihasilkan oleh kompor uji yang menggunakan kadar bioetanol lebih tinggi sehingga uap air yang dihasilkan lebih banyak. Dari uji efisiensi di atas perbedaan efisiensi tidak terlalu signifikan. Sehingga efisiensi tidak mutlak menjadi pembandingan unjuk kerja kompor uji di atas. Dari grafik diatas terlihat bahwa kadar paling rendah yang bisa direkomendasikan untuk pemakaian kompor jenis ini yaitu presentase 75%.

Dari pengujian efisiensi, data yang didapatkan mengenai konsumsi bahan bakar selama pengujian dan juga massa uap air yang dihasilkan dapat ditunjukkan pada tabel dibawah.

Tabel 4. Konsumsi bahan bakar dan massa uap air terbentuk.

Kadar bioetanol	Konsumsi bahan bakar (kg)	Massa uap air
99%	0,380	1,519
95%	0,292	0,918
90%	0,280	0,727
85%	0,278	0,640
80%	0,273	0,556
75%	0,245	0,382

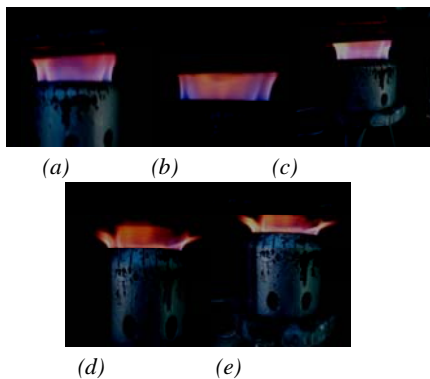
Besarnya massa uap air yang dihasilkan pada pengujian efisiensi juga dipengaruhi oleh laju pendidihan air. Dalam rentang waktu pengujian yang sama dimana laju pendidihan air yang lebih cepat akan menghasilkan massa uap air yang lebih banyak, maka efisiensi yang dihasilkan akan semakin besar. Jika ditampilkan dalam suatu bentuk grafik perbandingan laju pendidihan air antara kompor uji dengan presentase bahan bakar bioetanol yang berbeda dapat ditampilkan seperti pada grafik dibawah.



Gambar 11 Grafik perbandingan kecepatan pendidihan air.

Dari grafik diatas dapat dijelaskan tentang waktu pendidihan air (ditampilkan dari temperatur 31°C sampai 100°C pertama). Semakin lama waktu yang ditempuh untuk mulai mendidihkan air menunjukkan semakin besar energi yang diberikan oleh bahan bakar selama pembakaran. Gambar 11 diatas menunjukkan kompor uji dinding api ganda dengan kadar bioetanol yang lebih tinggi lebih cepat mendidihkan air daripada kompor uji yang menggunakan kadar bioetanol yang lebih rendah. Pada pengujian dengan menggunakan kadar bioetanol 95% mampu mendidihkan air selama 21'34'' sedangkan pada kadar paling rendah yaitu 75% mampu mendidihkan air selama 26'18''. Untuk waktu pendidihan air pada kompor uji selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

Perbedaan kecepatan pendidihan air saat pengujian efisiensi tersebut dapat terjadi karena beberapa hal. Diantaranya disebabkan karena profil dan temperatur api dari masing-masing bahan bakar kompor uji juga berbeda. Mengenai profil api pada saat dilakukan pengambilan data efisiensi pada semua jenis kompor uji secara visual dapat dilihat pada gambar dibawah.

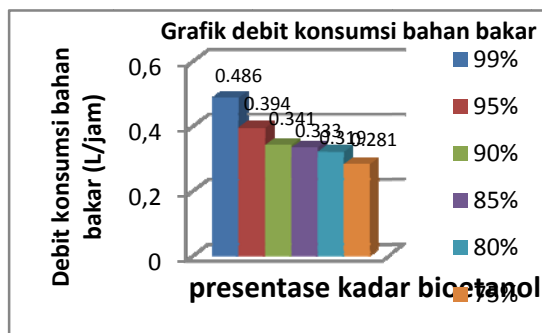


Gambar 12 Profil api pengujian efisiensi kompor uji.

- (a) Kompor dinding ganda dengan kadar bioetanol 95%
- (b) Kompor dinding ganda dengan kadar bioetanol 90%
- (c) Kompor dinding ganda dengan kadar bioetanol 85%
- (d) Kompor dinding ganda dengan kadar bioetanol 80%
- (e) Kompor dinding ganda dengan kadar bioetanol 75%

Dari gambar diatas menunjukkan profil api kompor uji saat pelaksanaan uji efisiensi menampakkan mayoritas nyala api berwarna biru dan sedikit merah pada penggunaan kadar bioetanol 95% sampai dengan 85%. Hal ini dapat dijelaskan bahwa pada pembakaran *bioethanol* 95% sampai dengan 85% telah mencapai api dewasa (berwarna biru) karena penguapan bahan bakar cair yang terdapat pada tangki menjadi bentuk uap bahan bakar sepenuhnya mencapai titik maksimal dimana temperatur dari bahan bakar cair telah mencapai temperatur titik dididhnya, hal ini juga dapat dilihat pada temperatur api dimana temperaturnya dapat mencapai 400°C dan bisa juga lebih, sedangkan temperatur pendidihan dari bahan bakar sendiri hanya berkisar 62°C sehingga dapat dengan mudah bercampur dan bereaksi dengan oksigen.

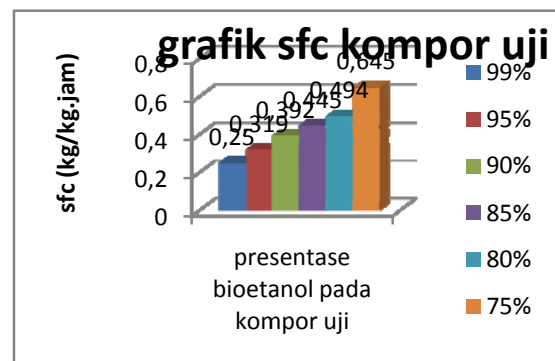
Dari pengujian efisiensi di atas juga dapat dilihat debit konsumsi bahan bakar dari masing-masing presentase kadar bioetanol yang digunakan. Debit konsumsi bahan bakar ini mewakili banyaknya bahan bakar yang dihabiskan oleh kompor untuk mendidihkan air selama pengujian berlangsung. Bila dikomparasikan dalam bentuk grafik maka akan terlihat seperti gambar dibawah ini :



Gambar 13 Grafik perbandingan debit konsumsi bahan bakar

Dari grafik di atas terlihat bahwa diantara kompor *bioethanol* yang memiliki debit konsumsi bahan bakar tertinggi adalah kompor dinding api ganda presentase bioetanol 99% dengan tingkat konsumsi 0,486 L/jam. Kompor dinding api ganda dengan presentase bioetanol lebih rendah (95% sampai dengan 75%) memiliki debit yang lebih rendah, sedangkan yang paling rendah dimiliki oleh kompor dengan presentase bioetanol 75% yaitu sebesar 0,281 L/jam. Hal ini disebabkan karena volume bioethanol yang ada pada kadar rendah lebih sedikit daripada kadar tinggi, sedangkan pada kadar tinggi bioethanol mudah menguap dan terbakar. Hal ini menyebabkan konsumsi bahan bakar dengan kadar tinggi lebih banyak.

Secara perumusan, sfc adalah jumlah bahan bakar yang digunakan untuk memproduksi satu unit output, dimana output dalam penelitian ini adalah air yang mendidih. Berikut adalah grafik perbandingan konsumsi bahan bakar spesifik dengan jenis kompor



Gambar 14. Grafik perbandingan konsumsi bahan bakar spesifik pada kompor uji

Pada kompor dengan presentase bioetanol lebih tinggi (99%) menghasilkan sfc lebih rendah yaitu sebesar 0.25 kg bahan bakar/kg uap air, hal ini disebabkan karena pembakaran yang terjadi lebih baik dibanding kompor dengan presentase bioetanol lebih rendah. Walaupun jumlah bahan bakar yang digunakan lebih besar dibanding kompor dengan menggunakan presentase bioetanol lebih rendah namun perbedaan uap air yang dihasilkan lebih signifikan. Hal ini juga disebabkan oleh besarnya temperatur kompor dengan presentase yang lebih besar yang menyebabkan proses pendidihan air semakin cepat sehingga nilai sfc yang dihasilkan akan semakin kecil.

6. Waktu Pendidihan Kompor Uji dengan Kadar Bioetanol 70% dan 65%



DAFTAR PUSTAKA

(a) (b)

Gambar 15. Profil api pengujian waktu pendidihan kompor uji.

(a) Kompor dinding ganda dengan kadar bioetanol 70%
(b) Kompor dinding ganda dengan kadar bioetanol 65%

Dari gambar diatas terlihat profil api dari kompor uji menggunakan kadar bioetanol kadar 70% dan 65% yang menghasilkan profil api tidak stabil, ditandai dengan bentuk profil api yang tidak simetris dan tidak stabil walaupun sudah dikenai beban. Pada penelitian ini presentase 60% tidak dilakukan pengujian ini karena nyala api yang dihasilkan sangat kecil dan tidak memungkinkan dilakukan pengujian ini, api yang dihasilkan tidak bisa naik sampai melewati tinggi dinding api, pada presentase 55% - 50% api tidak bisa dinyalakan Ada beberapa hal yang menyebabkan pada presentase bioetanol ini nyala api tidak stabil bahkan tidak menyala antara lain, karena nilai kalor pada presentase ini lebih rendah, selain itu kebutuhan panas yang diperlukan untuk menguapkan campuran bioetanol dan aquades harus jauh lebih besar.

KESIMPULAN/RINGKASAN

Dari penelitian didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

Tabel 5. Unjuk kerja kompor uji

Unjuk kerja	[1]% bioetanol					
	99%*	95%	90%	85%	80%	75%
Temperatur(°C)	506,0	499,5	517,0	492,6	483,7	447,5
Daya (kW)	2,220	1,743	1,659	1,460	1,271	1,122
Efisiensi (%)	51,91	48,69	42,31	41,26	37,97	35,89
Debit (L/jam)	0,486	0,394	0,341	0,333	0,319	0,281
Waktu didih	19'38"	21'34"	23'09"	24'08"	24'16"	26'18"
Volume (L)	3,5	3,5	2,7	2,7	2,2	2,2
Warna api	Biru	Biru	Biru	Biru	Merah	Merah
Sfc (kg/kg.jam)	0,25	0,31	0,39	0,44	0,49	0,64
Tinggi beban(mm)	30	25	25	25	15	10

Dari penelitian ini penulis berharap penelitian lebih lanjut mengenai kompor bisa dikembangkan, seperti melakukan modifikasi pada lubang atau memperluas laluan bahan bakar untuk kompor dengan bahan bakar yang lebih rendah atau dari nyalala api yang tidak stabil.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis R mengucapkan terima kasih kepada Allah SWT, Ibu Paniati dan Bapak Suparso selaku orang tua penulis atas dukungan moril dan materiil. Bapak Djoko Sungkono Kawano selaku dosen pembimbing Tugas Akhir. Dosen-dosen dan karyawan Jurusan Teknik Mesin ITS Surabaya, terutama Ibu Suprpti selaku dosen wali dan Bapak Karmono karyawan Lab.TPBB Teknik Mesin ITS. Agil Erbiansyah, teman-teman angkatan M51, Bagus, Defieka, Dila, Femy, Sona, Yusufa dan Yoga rekan tugas akhir, teman-teman LBMM dan Lab Desain, terimakasih atas dukungannya selama ini.

- [1] Komarayati,Sri & Gusmailina, "Prospek Bioetanol Sebagai Pengganti Minyak Tanah". Bogor : Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, 2010
- [2] International Standards, Water Boiling Test, version 3.0 revised January 2007
- [3] VEG Gas Institute, World Bank, Belanda, 1985
- [4] Afanny, Agib Farouq, "Perbandingan Unjuk Kerja Kompor Dinding Api Tunggal dengan Dinding Api Ganda Berbahan Bakar Bioethanol", ITS, Surabaya, 2012